

SOLDERING METHOD

Publication number: JP11192581

Publication date: 1999-07-21

Inventor: COULT DAVID GERALD; DERKITS GUSTAV EDWARD JR; OSENBACH JOHN WILLIAM; WONG YIU-MAN

Applicant: LUCENT TECHNOLOGIES INC

Classification:

- International: B23K1/00; B23K31/02; B23K35/00; B23K35/02; B23K35/14; B23K1/00; B23K31/02; B23K35/00; B23K35/02; (IPC1-7): B23K35/14; B23K1/00; B23K31/02

- European: B23K35/00B; B23K35/02D3C

Application number: JP19980296665 19981019

Priority number(s): US19970955686 19971022

Also published as:

EP0911111 (A2)

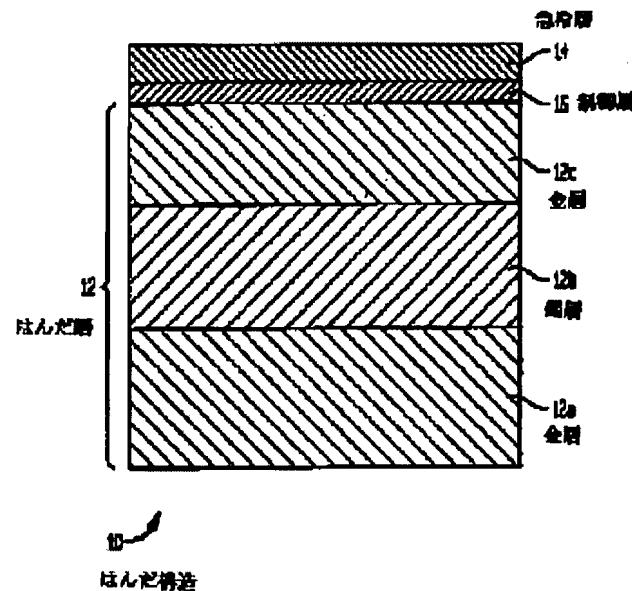
US5990560 (A1)

EP0911111 (A3)

[Report a data error here](#)

Abstract of JP11192581

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method for improved soldering and an improved soldered composition. SOLUTION: A dynamically controlled soldering method is used in the manufacture of hybrid integrated circuits and optical sub-assembly parts. The method consists of using a solder layer 12, a rapidly cooling layer 14 and a control layer 16. The control layer 16 is disposed between the solder layer 12 and the rapid cooling layer 14. The control layer 16 is composed of a platinum thin film. A barrier layer consisting of the platinum thin film is disposed between the solder layer 12 and parts to be combined, whereby the solder material under soldering treatment or under storage thereafter of soldered parts is prevented from being oxidized.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-192581

(43)公開日 平成11年(1999)7月21日

(51)Int.Cl.⁶

B 23 K 35/14

1/00

31/02

識別記号

3 3 0

3 1 0

F I

B 23 K 35/14

1/00

31/02

A

3 3 0 E

3 1 0 J

審査請求 未請求 請求項の数20 O L (全 11 頁)

(21)出願番号

特願平10-296665

(22)出願日

平成10年(1998)10月19日

(31)優先権主張番号 08/955686

(32)優先日 1997年10月22日

(33)優先権主張国 米国(US)

(71)出願人 596077259

ルーセント テクノロジーズ インコーポ
レイテッド

Lucent Technologies
Inc.

アメリカ合衆国 07974 ニュージャージ
ー、マーヘリル、マウンテン アベニュー
600-700

(72)発明者 デヴィッド ジェラルド コウルト

アメリカ合衆国、ペンシルヴァニア、バー
クス、ペクテルスヴィル、ノース メイル
ストリート 21

(74)代理人 弁理士 三俣 弘文

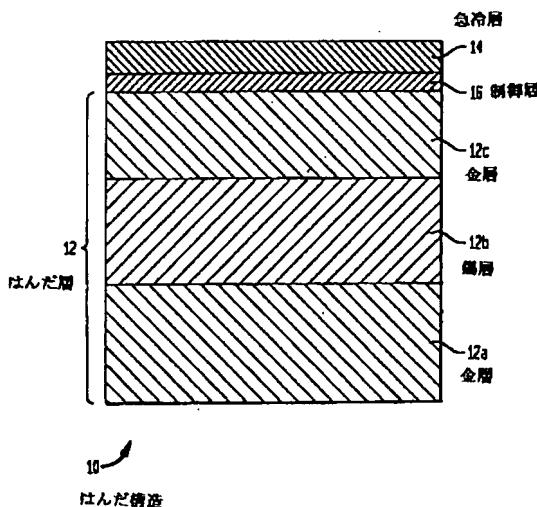
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 はんだ結合方法

(57)【要約】

【課題】 改良されたはんだ結合の生成方法及び改良さ
れたはんだ結合組成物を提供する。

【解決手段】 ハイブリッド集積回路及び光学副集成部
品の製造において、動的に制御されるはんだ結合方法を
使用する。この方法は、はんだ層と急冷層と制御層を使
用することからなる。制御層ははんだ層と急冷層との間
に配設される。制御層は白金薄膜からなる。白金薄膜か
らなるバリヤ層をはんだ層と被結合部品との間に配設
し、はんだ付け処理中又ははんだ付けされた部品の事後
貯蔵中におけるはんだ材料の酸化を防止する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1の部材を第2の部材に固定するためのはんだ結合方法であって、

- (a) 前記第1の部材と前記第2の部材との間にはんだ構造を配設するステップと、ここで、該はんだ構造は、
(i) 所定の厚さを有するはんだ層と、
(ii) 所定の厚さと組成を有する急冷層と、ここで、該組成は、前記急冷層が前記はんだ層と相互作用するときに、前記急冷層が前記はんだ層の共晶点を増大させる組成である、
(iii) 前記はんだ層と前記急冷層との間に配設された、所定の厚さを有する制御層とからなり、

前記制御層は、温度と前記制御層の厚さの関数として所定の期間の間、前記はんだ層が前記急冷層と相互作用を起こすことを防止する遷移金属から形成されている、

- (b) 前記はんだ層の固相線以上での温度にまで前記はんだ層を加熱するステップとからなり、
該加熱により、前記はんだ層は軟化され、そして、前記急冷層が前記はんだ層と相互作用することを可能にするため前記制御層を溶解させ、その結果、前記急冷層は前記はんだ層の共晶点を増大させ、そして、前記はんだ層を凝固させ、これにより、前記第1の部材と前記第2の部材とと一緒に結合させることを特徴とするはんだ結合方法。

【請求項2】 前記制御層は鉄、ニッケル、コバルト、白金及びパラジウムからなる群から選択される金属からなることを特徴とする請求項1に記載のはんだ結合方法。

【請求項3】 前記制御層が白金からなり、前記はんだ層又は前記急冷層の何れかの層の厚さに関して1/5以下の厚さを有することを特徴とする請求項1に記載のはんだ結合方法。

【請求項4】 前記はんだ層は、金、錫、鉛及びパラジウムからなる群から選択される金属の交互層からなる多層膜であることを特徴とする請求項2に記載のはんだ結合方法。

【請求項5】 前記急冷層は単一であり、金及び鉛からなる群から選択されることを特徴とする請求項4に記載のはんだ結合方法。

【請求項6】 前記はんだ層は金及び錫からなり、前記急冷層は金からなり、前記制御層は白金からなることを特徴とする請求項1に記載のはんだ結合方法。

【請求項7】 前記はんだ層は鉛及び錫からなり、前記急冷層は鉛からなり、前記制御層は白金からなることを特徴とする請求項1に記載のはんだ結合方法。

【請求項8】 一方の部材はレーザチップであり、他方の部材は光学副集成部品であり、前記はんだ層は金、錫及び鉛からなる群から選択される金属により形成された複数の層からなり、前記急冷層は金及び鉛からなる群から選択される金属により形成された单一層であることを特徴とする請求項1に記載のはんだ結合方法。

【請求項9】 はんだ層構成材料の酸化を防止するために、第1及び第2の部材のうちの一方の部材とはんだ構

造との間にバリヤ層を配設するステップを更に有することを特徴とする請求項4に記載のはんだ結合方法。

【請求項10】 前記バリヤ層は鉄、ニッケル、コバルト、白金及びパラジウムからなる群から選択される金属から形成されていることを特徴とする請求項9に記載のはんだ結合方法。

【請求項11】 はんだ層構成材料の酸化を防止するために、第1及び第2の部材の各部材とはんだ構造との間にバリヤ層を配設するステップを更に有することを特徴とする請求項4に記載のはんだ結合方法。

【請求項12】 前記第1及び第2の部材は一緒に結合されるべき概ね平坦は表面を有し、前記はんだ構造は、前記第1及び第2の部材の平坦面と概ね平行に配列され、前記第1及び第2の部材の平坦面との間に配置された複数の重複層からなり、前記はんだ構造は、二成分系はんだ層、2つの急冷層と2つの制御層とからなり、一方の急冷層及び一方の制御層ははんだ層と各第1及び第2の部材との間に配設され、各制御層は更に、前記はんだ層と前記各急冷層との間に配設され、その結果、前記制御層は、温度及び前記制御層の厚さの関数として所定の期間の間、前記はんだ層が前記急冷層と相互作用することを防止することを特徴とする請求項1に記載のはんだ結合方法。

【請求項13】 一方の急冷層と一方の部材との間に配設されたバリヤ層を更に有することを特徴とする請求項12に記載のはんだ結合方法。

【請求項14】 所定の厚さを有する金属系はんだ層を第1の部材と第2の部材との間に配設するステップと、該はんだ層を軟化状態にまで溶融するステップと、前記第1の部材と第2の部材との間に結合を形成させるために、前記はんだ層を固体状態に再凝固させるステップとからなり、急冷層がはんだ層の共晶点を増大させ、該はんだ層を凝固させるために、所定の厚さを有する急冷層を前記はんだ層に添加することにより前記再凝固が行われる、第1の部材と第2の部材とを固定するはんだ結合方法において、

所定の厚さを有する制御層を前記はんだ層と前記急冷層との間に配設するステップを有し、該制御層は、温度及び制御層の厚さと組成の関数として所定の期間の間、前記はんだ層が前記急冷層と相互作用することを防止することを特徴とするはんだ結合方法。

【請求項15】 前記制御層は白金からなることを特徴とする請求項14に記載のはんだ結合方法。

【請求項16】 一方の部材はレーザチップであり、他方の部材は光学副集成部品であり、前記はんだ層は金、錫及び鉛からなる群から選択される金属により形成された複数の層からなり、前記急冷層は金及び鉛からなる群から選択される金属により形成された单一層であることを特徴とする請求項15に記載のはんだ結合方法。

【請求項17】 はんだ層構成材料の酸化を防止するた

めに、はんだ層と第1の部材又は第2の部材の何れかの部材との間にバリヤ層を挿入するステップを更に有し、前記バリヤ層は、鉄、ニッケル、コバルト、白金及びパラジウムからなる群から選択される金属により形成されていることを特徴とする請求項16に記載のはんだ結合方法。

【請求項18】(a)所定の厚さを有するはんだ層と、(b)急冷層がはんだ層と相互作用すると、急冷層がはんだ層の共晶点を増大させる組成と、所定の厚さを有する急冷層と、(c)はんだ層と急冷層との間に配設された所定の厚さを有する制御層とからなり、前記制御層は、温度と前記制御層の厚さの関数として所定の期間の間、前記はんだ層が前記急冷層と相互作用を起こすことを防止する遷移金属から形成されていることからなることを特徴とするはんだ結合において使用するための組成物。

【請求項19】前記はんだ層は、金、錫、鉛及びパラジウムからなる群から選択される金属の交互層からなる多層膜であり、前記制御層は白金からなり、前記急冷層は金及び鉛からなる群から選択される金属により形成された単一層であることを特徴とする請求項18に記載の組成物。

【請求項20】はんだ層の酸化を防止するために、制御層と反対側のはんだ層の表面上に配設されたバリヤ層を更に有することを特徴とする請求項18に記載の組成物。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明ははんだ結合に関する。更に詳細には、本発明は動的に制御されたはんだ結合を行う方法及び組成物に関する。本発明は、光学副集成部品にレーザチップ部品を結合する用途に特に適する。

【0002】

【従来の技術】ハイブリッド集積回路及び光学副集成部品を製造する場合、サブマウント付着部品と該サブマウント付着部品に結合されるべき部品との間で、高度な熱安定性と高度な導電性を有する高強度結合を行う必要がある。このような結合を行うために一般的に使用される方法の一つははんだ付である。

【0003】例えば、金属混合物（はんだ）をレーザチップと基板との間に配設し、2つの部品を接触させながらはんだを溶融させ、その後、再凝固させる。一般的に、再凝固は熱力学的結合を介して行われる。すなわち、部品とはんだの温度が低下することにより結合する。これにより、はんだ材料は部品材料を固定する。部品がはんだを溶融させるほどの高温度に二度と暴露されなければ、結合は固体状態を維持する。

【0004】熱力学的結合を含むはんだ付方法の一つの欠点は、初期の結合が形成された後、部品をはんだの軟化点付近の温度又は軟化点以上の温度にまで上昇させな

ければならない場合、はんだ接合が破壊される危険性があることである。例えば、金と錫からなるはんだの場合、この組成物の固相線は約280°Cである。熱力学的結合の場合、部品が後に前記固相線以上の温度に上がると、はんだの結合性は危険に曝される。

【0005】これは、部品を正確な寸法整合性を維持しなければならない場合（例えば、レーザが光学システムに結合されている場合）に、得に困難な問題となる。従って、最近の研究努力は、元のはんだ組成物の融点以上の温度であっても、無傷のままで維持される結合を開発する方向に向けられている。

【0006】例えば、S.Bader, W.Gust and H.Hieber, "Rapid Formation of Intermetallic Compounds by Interdiffusion in the Cu-Sn and Ni-Sn Systems," ACTA METAL.MATER.Vol.43(1995), p.329-337には、2成分系金属間配合物の使用が開示されている。この2成分系金属間配合物によれば、元のはんだ材料の融点よりも高い使用温度を有するはんだ系が得られる。前掲書には、制御成分を有しない二成分系配合物の使用が教示されている。

【0007】動的結合（結合は化学反応速度及び制御元素の使用により制御される）は、熱力学的結合又は純粋な二成分結合よりも優れた効果をもたらす。熱力学的に制御された結合の場合、化学反応（動的）のタイミングは、溶融度、酸化度又は化学交換率を制御し、これにより、はんだ結合の濡れ性、流動性及び強度などが制御される。例えば、1層以上の元素類からなるはんだを或る部品又はその他の部品に添合させることができる。

【0008】はんだ構成元素の追加層をはんだに追加し、或る部品の元素がはんだ内に吸収されるに応じて、はんだの融点を変化させることができる。これらの追加層を、この明細書では「急冷層」と呼ぶ。従って、温度を徐々に低下させることによるよりも、追加元素の急冷層を組込むことにより、凝固を起こさせることができ。このようなはんだ構成では、元のはんだ組成物の融点以上の温度であっても、固体のままでいるような結合を形成することができる。

【0009】例えば、当業者に公知の急冷層の使用を伴う動的に制御された結合は、金(Au)又は金被覆部分の結合に金-錫(AuSn)はんだを使用することからなる。例えば、レーザチップと光学的副集成部品基板などのような2つの部品の結合では、一方の部品（例えば、基板）に付着されるはんだ層として、金と錫の混合物が一般的に使用される。薄膜用途では、はんだ層は一般的に、金と錫が交互に積層されたような、複数の層からなる。

【0010】はんだの共晶点よりも僅かに高い温度をはんだ層と基板にあてるによりはんだ層を溶融させる。はんだ層が溶融したら、急冷層（例えば、金の追加層）を追加し、そして、第2の部品（例えば、レーザチ

ップ)を急冷層の上に取付ける。別法として、第2の部品の取付け前に、1層以上の追加はんだ層又は急冷層を追加することもできる。はんだ層及び急冷層が凝固するにつれて、これらは2つの部品と一緒に結合する。

【0011】この処理法の場合、急冷層は結合強度を高め、その結果、結合について何らかの追加制御を与える。急冷層がはんだ層中に取り込まれ、結合が形成されるにつれて、混合物が固体であるときの温度(固相線)は、混合物中の金の原子部分の閾数として上昇する。従って、元のはんだ層の部分ではない追加の金(急冷層)を添加することにより、温度を単に低下させることによる方法と異なり、材料を凝固させる速度を調整することができる。

【0012】しかし、このタイプのはんだ結合は、大抵の状況下で制御することが困難である。なぜなら、追加元素がはんだ層内に急速に取込まれるので、この結合は早発的な凝固を避けるために迅速に形成しなければならない。このはんだ付け方法に関する優れた制御方法の開発が望まれている。

【0013】反応の急速性及びはんだ方法に関する優れた制御方法の必要性に加えて、前記方法が有する別の欠点は、はんだ材料の酸化である。酸化は、結合が形成される前又は貯蔵中に生じる。また、結合前のはんだ層の表面に生成される酸化物層及び金属間化合物は、金属-金属接触の底又は欠如を引き起こし、その結果、低強度又は低導電率などのような望ましからざる特性を有する結合を形成する。はんだ層内で錫(Sn)が使用されている場合、この酸化は特に問題となる。

【0014】錫が使用されている場合、錫ははんだの表面に拡散し、SnO₂層を生成する。この酸化物(SnO₂)は感湿性なので、はんだ付け中に温潤問題を引き起こす。金への錫の拡散及び錫と金との相互拡散は、室温であっても急速に起こることが良く知られている。

【0015】このような事実は、例えば、L.Buene, "Interdiffusion and Phase Formation at Room Temperature in Evaporated Gold-Tin Films," THIN SOLID FILMS 4:159 (1977); S.Nakahara, R.McCoy, L.Buene, and J.M.Vandenberg, "Room Temperature Interdiffusion of Au/Sn Tin Film Couples," THIN SOLID FILMS 84:185 (1981); V.Simic and Z.Marinkovic, "Thin Film Interdiffusion of Au and Sn at Room Temperature," JOURNAL OF THE LESS COMMON METALS 51:177 (1977)などに記載されている。はんだ層が純粋な金であっても、このような酸化及び温潤問題は生起する。

【0016】酸化を防止又は軽減するために、様々な方法が一般的に使用されている。例えば、アルゴンのような不活性環境内で貯蔵する、極低温で貯蔵する、フラックスを使用する、又ははんだ付け処理中の雰囲気圧力を低下するなどの方法が使用されている。これらの方法は、貯蔵条件又は結合条件あるいは必要な装置のため

に、かなり高コストである。しかも、これらの方法は信頼性又は加工安全性に相当強い影響を与える。

【0017】最近の研究では、相互拡散に伴う困難性を解決するために、バリヤ層として、はんだ付け構造中へのニッケルの添合を考究している。この研究結果は、C.H.Lee, Y.M.Wong, C.Doherty, K.L.Tai, E.Lane, D.D.Bacon, F.Baiocchi, and A.Katz, "Study Of Ni As A Barrier Metal In AuSn Soldering Application For Laser Chip/Submount Assembly," J. APPL. PHYS. 72:3808 (1992)に記載されている。

【0018】はんだ結合に関する更に別の公知文献として、1996年9月24日に発行された米国特許第5559817号明細書を挙げることができる。

【0019】

【発明が解決しようとする課題】従って、本発明の目的は、改良されたはんだ結合の生成方法及び改良されたはんだ結合組成物を提供することである。

【0020】

【課題を解決するための手段】前記課題は、一層以上の追加制御層を添合することにより、はんだ付け処理及び反応速度に関する制御性を得ると共に、はんだ材料の酸化を防止する方法により解決される。

【0021】はんだ層(好ましくは、多層膜)は急冷層(quenching layer)と共に使用され、2個の部品と一緒に結合する。遷移元素(好ましくは、白金)の少數制御層ははんだ層と急冷層との間に配設される。組成物に熱が加えられると、急冷層とはんだ層との混合を可能する制御層は溶解する。従って、はんだ層と急冷層との相互作用は、追加制御層により制御することができる。制御層は更に、酸化防止層又はバリヤ層としても機能する。従って、追加制御層又はバリヤ層を使用することができる。

【0022】好ましい実施態様では、金-錫(Au-Sn)はんだへの金の拡散を制御し、錫(Sn)の酸化を防止するために、白金の薄膜を使用する。

【0023】前記課題は更に、レーザチップと光副集成部品との結合に使用される、好ましくは、金-錫(Au-Sn)のはんだ層、白金(Pt)のバリヤ層及び金の急冷層からなる組成物により解決される。

【0024】

【発明の実施の形態】本発明は特に、高温(例えば、325~350°C)で無傷のままでいなければならない硬質(金-錫)はんだにより、レーザチップを光学副集成部品(OSA)にはんだ付けする技術に応用される。しかし、本発明はレーザチップだけに限定されることはなく、シリコンとガリウム・砒素回路とのはんだ結合及び金と錫を含む材料以外の材料と副集成部品への部品類の結合にも応用できる。従って、下記では基本的に、光学副集成部品と金-錫はんだについて説明するが、本発明は他の用途にも同様に適用できる。

【0025】図1は、本発明によるはんだ結合の構造10を示す模式的断面図である。図1には、結合されるべき基板を除いた、基本的なはんだ層だけが図示されている。所望のはんだ結合を達成するための構造10は、少なくとも1層の結合層又ははんだ層12からなる多層構造である。はんだ層12は、はんだ材料12a、12b及び12cが交互に積層した複数の層からなる。一般的に、薄膜用途では、はんだ層は図1に示されるような複数の層から構成されている。

【0026】急冷層14が使用されている。急冷層14は、これがはんだ層12内に取り込まれたら、はんだ混合物の固相線の上昇を引き起こす。本発明によれば、はんだ層12と急冷層14との間に制御層16が配設されている。はんだ層12と急冷層14との組み合わせは、はんだ結合のための二成分系と呼ばれる。本発明によれば、制御層16ははんだ層と急冷層との間で使用されるので、二成分系はんだ付け構造から逸脱している。

【0027】好ましくは、制御層は、はんだ材料と反応する急冷層よりも、はんだ材料と一層緩慢に反応する元素から構成する。制御層は、①はんだ層又は急冷層に比べて薄いこと、その結果、制御層は、それ自体の作用により二成分系の溶融挙動を変更することなく、迅速に溶解する、②他の層へ容易に取り込まれること、③二成分系の基本的特性が変化されることなく維持され、二成分系相線図を用いて、近似値として計算することができるような少数成分であることが望ましい。

【0028】この制御層の選択及び膜厚により、はんだの誘発凝固（急冷）を制御することができる。制御層は、温度、層厚及び層組成により指図された期間中、急冷層からの材料の相互作用からはんだの構成材料を保護する。

【0029】図2は、図1の構造を応用する、本発明によるはんだ結合の方法を例証する模式図である。図1と同様に、複数の交互層12a、12b及び12cからなるはんだ層12と、急冷層14と制御層16とが図示されている。図2では、第1の部品又は基板30、この基板30と結合されるべき第2の部品32も図示されている。

【0030】一例として、はんだ層12は基板30に接着されている。急冷層14及び制御層16は第2の部品に付着されている。完全な混合を確保し、他の材料のその後の添加を埋め合わせるために、基板30及びはんだ層12を、はんだ層12の融点温度又は好ましくはこの融点よりも高い温度にまで加熱する。例えば、金／錫はんだの共晶点は一般的に、約280°Cである。このような場合、基板は約320°C又はこれよりも高い温度にまで加熱される。

【0031】急冷層14と制御層16を有する第2の部品32はその後基板30とはんだ層12に対して、矢線Aの方向に沿って、貼り付けられる。はんだ層12の熱

は制御層16をはんだ層12に溶け込ませる。制御層16の溶解により急冷層14が解放され、その結果、急冷層ははんだ層と相互作用することが可能になる。

【0032】反応時間、反応温度、各層の膜厚及び組成に応じて、この方法によれば、従来の方法に比べて、急冷層14とはんだ層12との混合に関して高い制御性を得ることができる。制御層は一般的に、高温度を見込んでいる。特に、部品の組立中の高温度を見込んでいる。

【0033】従って、長い放冷時間の必要性は除かれる。制御層は一方の部品又は双方の部品に貼付することができる。また、前記の図2について説明した方法の別法として、結合されるべき第2の部品32の結合前に、制御層16及び急冷層14をはんだ層12に直接貼付することもできる。あるいは、制御層16及び急冷層14を、はんだ層12と第1の部品30との間に配設することもできる。

【0034】層の好ましい厚さは、結合される部品の寸法公差及び層に使用される材料の化学性の関数である。好ましい実施態様では、はんだ層は金と錫の交互層からなる。従って、例えば、図1及び図2に示されるように、はんだ層12は、金の第1はんだ層12a、錫の第2はんだ層12b及び金の第3はんだ層12cからなる。制御層16は好ましくは、白金（Pt）からなる。しかし、鉄（Fe）、ニッケル（Ni）、コバルト（Co）又はパラジウム（Pd）などのような遷移金属から構成することもできる。急冷層14は金からなることが好ましい。

【0035】本発明によれば、はんだ層の組成及び構成を様々に変化させることができる。これについて、図3～図5を参照しながら更に詳細に説明する。はんだ層12は図示されているような、多層薄膜形状であることもできるし、あるいは、共晶点又は共晶点付近の均質混合物であることもできる。金-錫（AuSn）又は鉛-錫（PbSn）のような2種類の化学元素の複合材料であることが好ましい。

【0036】はんだ層がAuSnである場合、急冷層はAuであることが好ましい。また、はんだ層がPbSnである場合、急冷層はPbであることが好ましい。何れの場合も、白金は制御層として使用するのに特に好ましい。白金はPbSnはんだに溶解することができる。

【0037】特に、白金が適当な条件下でPbSnはんだに溶解することは、例えば、B. Meagher, D. Schwarcz, M. Ohring, "Compound Growth in Pt/Sn-Pb Solder Diffusion Couples," JOURNAL OF MATER. SCI. Vol. 31 (1996), p. 5479-5486に記載されている。

【0038】单一の急冷層であることもできるし、又は、複数の急冷層であり、該層の間に複数の制御層とバリヤ層を有することもできる。更に、各急冷層は金属層の混合体、例えば、金と錫と金との交互層から構成することもできる。別法として、急冷層は单一構造、すなわ

ち、図示されているような、単一の化学元素から構成することもできる。重要なことは、急冷層とはんだ層との間の制御不能な相互作用を防止するために、急冷層とはんだ層との間に制御層を介在させることである。

【0039】図3は、酸化防止層又はバリヤ層18の使用を例証する模式図である。図2と同様に、図3には、はんだ層12(12a、12b及び12cの3層からなる)と、急冷層14と、制御層16と、一緒に結合されるべき2つの部品30、32が図示されている。しかし、図3では、バリヤ層18が、はんだ層12の表面上、又は、はんだ層12と制御層16との間に更に配設されている。

【0040】バリヤ層18は、はんだ又ははんだの酸化性成分の望ましからざる酸化を防止する。更に、基板に対するはんだの密着性を高めるために、はんだ層12と基板30との間に接着剤層20を配設することもできる。一例として、基板30がシリコンからなり、はんだ層が金(12a)、錫(12b)及び金(12c)の交互層からなる場合、バリヤ層18は白金からなり、接着剤層20はチタン(Ti)からなることが好ましい。

【0041】はんだ層12と基板30との間にバリヤ層18を配設する代わりに、又は、バリヤ層18の配設に加えて、バリヤ層18と接着剤層20を、急冷層14と、第2の被結合部品32との間に配設することもできる。すなわち、図3を参照すれば、バリヤ層18を急冷層14の上面に配設し、更に、接着剤層20をバリヤ層18と第2の部品32との間に配設することもできる。何れにしろ、追加層の存在は、使用される層の膜厚の選択を左右する。

【0042】本発明の方法によれば、白金が、従来の方法で使用されていた膜厚又は温度変数よりも更に強固な独自なタイプの制御を示すので、最終的なはんだの制御性が改善される。これは、少なくとも一部分は、白金浸透の高活性エネルギーによる。これにより、十分に高い温度で急速に結合が形成され、製造における一般的な温度は極めて低い値を有する。

【0043】特に、金又は白金層を有する部品に対して金/錫はんだで結合される部品は、Pt層の膜厚に関連して、Pt層の時間依存性浸透を示すことが判明した。従って、Pt膜厚、AuSn組成、結合温度及び結合時間などの変数に依存する制御方法により、Ptを結合内に取り込ませることができる。

【0044】SiO₂表面層を有するシリコン基板を半導体レーザチップに結合させるための好ましい変数を下記の図5を参照しながら説明する。また、温度変数を与える構造特性を決定する方法を下記の実施例及び図6を参照しながら説明する。

【0045】動的制御は、結合されるべき2つの部品に、又は別法として、どちらか一方の部品にのみ、制御層とバリヤ層を適用することにより得られる。図4は、

動的制御原理が2つの部品の余関数として機能する実施態様、すなわち、バリヤ層と制御層が別々に2つの部品に適用され、その後、一緒に結合される実施態様を示す模式図である。

【0046】図5は、動的制御原理が2つの部品のうちの一方の部品の関数として基本的に機能する実施態様、すなわち、バリヤ層及び制御層が一方の部品(図5では、部品B)に適用され、他方の部品(部品C)は主として、結合可能なパートナーとして機能する。

【0047】更に詳細には、図4では、はんだ層12'は第1の部品30'の表面に配設されている。第1の部品30'はシリコン又は二酸化シリコン(SiO₂)からなり、第2の部品32'は半導体レーザチップの部品からなる。第1の部品30'上のはんだ層12'は、金(12a')、錫(12b')及び金(12c')の3層の交互層からなることが好ましい。

【0048】急冷層14'及び制御層16'は第2の部品32'に付着されている。第1のバリヤ層18a'と接着剤層20a'が、はんだ層12'と第1の部品30'との間に付着されている。更に、第2のバリヤ層18b'と接着剤層20b'が、急冷層14'と第2の部品32'との間に付着されている。

【0049】レーザチップを光学副集成部品(OSA)に結合するために金/錫はんだを使用する場合、急冷層14'は金からなり、制御層16'は白金からなり、第1及び第2のバリヤ層18a'、18b'も白金からなり、接着剤層20a'、20b'はチタンからなることが好ましい。最後の金の温潤層22は、制御層16'上に付着することができる。

【0050】この実施態様では、図示されているように、急冷層14'とはんだ層12'との混合を制御するための機能を果たす制御層16'は最初のうちは、第2の部品32'のみに適用されている。従って、この実施態様では、熱力学的制御と異なり、はんだの凝固に関する動的制御は、矢線A'の方向に沿って2つの部品と一緒に結合されるときだけ開始される。

【0051】図5は、別のはんだ付け構造を示す模式図である。この構造では、動的制御層とバリヤ層は同じ部品に付着されている。(図4では、動的制御層とバリヤ層は異なる部品に付着されていた。) 例えれば、図5では、第1の部品30"は、二酸化シリコン(SiO₂)表面層30b"を有するシリコン基板30a"からなる。

【0052】第1のバリヤ層18a"を第1の部品30"に接着するために、チタンからなる第1の接着剤層20a" (好ましくは、膜厚が約1000nmである)が、第1の部品上に付着されている。第1のバリヤ層18a"は、膜厚が約2000nmの白金からなることが好ましい。好ましくは、金からなり、かつ、膜厚が約10000nmの急冷層14a"は、第1のバリヤ層18

a"に直接付着されている。

【0053】急冷層14a"には続いて、好ましくは、白金からなり、かつ、膜厚が約300~400nmの制御層16a"が付着されている。次いで、金12a"(膜厚約500~5700nm)、錫(膜厚約5700~7000nm)及び金12c"(膜厚約2200~2800nm)の交互層からなるはんだ層12"が制御層上に付着され、続いて、白金(膜厚約35~90nm)からなる第2の制御層16b"及び金(好ましくは、膜厚約500nm)からなる第1の温潤層22a"が付着されている。

【0054】第2の部品32"には、金(好ましくは、膜厚4ミクロン)からなる急冷層14b"、白金(膜厚約2000nm)からなる第3の制御層16c"、及び金(膜厚約1500nm)からなる第2の温潤層22b"が付着されている。

【0055】図5に示される構造は重要である。なぜなら、急冷層上に画期的な制御層を使用することにより、本発明の動的制御原理の両方の性状(すなわち、制御と酸化防止)が共に(又は、同じ部品上で同時に)機能し、保管中又は製造中の表面酸化に対する耐性と、はんだ材料の制御された凝固の両方が得られるからである。

【0056】すなわち、部品Bには、酸化を制御するためのバリヤ層18a"と、はんだの凝固を制御するための2つの制御層16a", 16b"が図示されている。また、第2の制御層16b"は、結合プロセスを制御すると共に、はんだ層12"の表面酸化を制御する両方の機能を発揮できる。

【0057】図5の構造では、急冷プロセスは両方の部品上で進行することができ、第2の急冷層14b"が第1の急冷層14a"と同時に機能することにより、反対方向からはんだ層12"の融点を調整することができる。すなわち、第1の急冷層14a"は、第1の部品30"の方向から、第1のはんだ層12a"のところで機能し、第2の急冷層14b"は、第2の部品32"の方向から、第3のはんだ層12c"のところで機能する。

【0058】單一部品上の複数層の膜厚に関連する実際的な制約による複数層の共有機能を一体化することが望ましい。何れにしろ、これらの構造は、本発明による動的制御の柔軟性と、他の設計への応用性を例証する。

【0059】

【実施例】実施例1:計算構造特性

図6は、はんだシステムの二成分系相線図に基づいて、特定の層構造の特性を決定するための計算を例証するた

$$\begin{aligned} T_l(X_Sn) &= 1450.9108-50.2161 \cdot X_Sn + 0. \\ 3393 \cdot X_Sn^2 &\quad \text{液相線: } 521^\circ\text{C} \sim 280^\circ\text{C} \\ T_s(X_Sn) &= 951.6940-56.5087 \cdot X_Sn + 1.0 \\ 391 \cdot X_Sn^2 &\quad \text{固相線: } 521^\circ\text{C} \sim 280^\circ\text{C} \\ X_Sn &= 20 \quad \text{ルートファインダーの初期値} \end{aligned}$$

【0066】次いで、MATHCAD内蔵ルート関数を用いる

めの構造を示す。MATHCAD 5.0における実行可能なMATHCADプログラムとして下記に計算例を示す。このプログラムは、下記に示される形の結果を生成するための、当業者に周知のプログラムである。

【0060】図6に示された構造は、膜厚150nmの金の温潤層40、はんだ層42(膜厚900nmの金の第1のはんだ層42a、膜厚1200nmの錫の第2のはんだ層42b及び膜厚450nmの金の第3のはんだ層42cからなる)、膜厚約2500nmの金の急冷層44及び、はんだ層42と急冷層44との間に配設された、膜厚約40nmの白金の制御層46を有する。

【0061】一般的に、構造の膜厚と挙動を決定するための計算は下記の5つのステップを適用することにより行うことができる。①所望の組成領域における固相線及び液相線を決定する、②液体であるはんだの画分を決定するために、当業者に周知の、レバー(Lever)ルールを適用する、③所定の一連の薄膜層における各元素の原子画分を決定する、④はんだ結合プロセスにおける適当な時点で溶解する制御層材料を選択するために、潜在的制御材料の溶解速度に関する文献記載の又は実験的に決定された情報を使用する、及び⑤急冷層が露出されるまで液体のままいる特性を有し、制御層が溶解され、そして、急冷層がはんだと混合したら凝固するはんだ層構成を設計するために、当業者に公知の公式を適用する。

【0062】制御層は少数元素であると仮定する。本発明を例証するために、これらのステップは、図6のはんだ構造を考慮して、下記のように実行される。

【0063】ステップ1

先ず、各層内の材料の量及び該材料がはんだ内に取り込まれる様式を考慮して、元素の様々な組成のはんだの液体画分を決定することができる。この場合、例えば、固相線及び液相線を決定するために、温度T(X)を材料の組成(X)の関数と見做す。先ず、所定のT(X)関数を逆にして、固相線及び液相線に沿って錫組成を引き出す。

$$X_Sn_sol(T) \text{ 及び } X_Sn_liq(T)$$

【0064】液相線及び固相線は組成から温度変数に変換される。便宜上、内部変数に関するMATHCAD内蔵許容差をTOL = 10^-2に設定する。所望の領域における液相線及び固相線の関数に関して、J. Cuijik and M.R. Notis, "The Au-As Phase Diagram," JOURNAL OF ALLOYS AND COMPOUNDS, Vol. 191 (1993), p.71を参照する。

【0065】

反転により関数をつぎのように定義できる。

温度の関数としての固相組成関数：

$$X_{Sn_sol}(T) = \sqrt{(T - T_s(X_{Sn}))}, X_{Sn}$$

液相組成関数：

$$X_{Sn_liq}(T) = \sqrt{(T - T_l(X_{Sn}))}, X_{Sn}$$

【0067】ステップ2

固相関数及び液相関数を使用し、周知のレバールルールを適用することにより、液相である所定の温度で、錫の所定の画分を含有する材料の関数を決定できる。このルールを適用する際、相転移のときに起こる特異性を認識し、液体関数の値を、線図の固体領域では1に、また、線図の純液体領域では0に設定することに注意する。

【0068】このルールをMATHCADで処理する場合、先ず、解析的関数LVR(X, T)を生成し、次いで、液体画分関数LF(X, T)を生成する。この関数は次のような例外を含む。

【0069】レバールルール関数：

$$LVR(X_{Sn}, T) = X_{Sn} - X_{Sn_sol}(T) / (X_{Sn_liq}(T) - X_{Sn_sol}(T))$$

【0070】解析的関数LVR(X_{Sn}, T)を使用し、かつ、下記の条件

LF = 0 固相線以下、及び

$$M_{Pt} = 195.09$$

$$M_{Sn} = 118.96$$

$$Dn_{Au} = 19.3$$

ここで、M_Xは元素Xの原子質量を示し、Dn_Xはその他の標準対照に基づく、元素Xの密度を示す。

【0076】 $R_{Sn_Au} = \{ (Dn_{Sn}) / (Dn_{Au}) \} \cdot \{ (M_{Au}) / (M_{Sn}) \}$ 。従って、 $R_{Sn_Au} = 0.626$ 。すなわち、SnはAuよりも原子的に低稠密である。

【0077】 $R_{Pt_Au} = \{ (Dn_{Pt}) / (Dn_{Au}) \} \cdot \{ (M_{Au}) / (M_{Pt}) \}$ 。従って、 $R_{Pt_Au} = 1.122$ 。すなわち、PtはAuよりも原子的に高稠密である。

【0078】

$$N_{Sn}(Th_{Sn}) = R_{Sn_Au} \cdot Th_{Sn} \\ N_{Pt}(Th_{Pt}) = R_{Pt_Au} \cdot Th_{Pt}$$

【0079】従って、同じ厚さのAu層に対する、所定の厚さの複数層内の原子の数を得ることができる。

【0080】ステップ4

バリヤ材料を選択する場合、全ての実際的用途において、制御層又はバリヤ材料のはんだへの溶解は、それ自体が、例えば、はんだの構成元素のうちの一つが他の元素よりも遙かに強力に結合し、そして、結合元素の沈殿を起こすことにより、はんだの液体組成物への変化を引き起こすものと見做すことができる。

【0081】Au-Pt-Sn系において、制御層として

LF = 1 液相線以上

を適用することにより液体画分関数LF(X, T)を下記のように定義できる。

$$【0071】LF(X, T) = if (X_{Sn} < X_{Sn_sol}(T), 0, if (X_{Sn} > X_{Sn_liq}(T), 1, LVR(X_{Sn}, T)))$$

例えば、 $LF(30, 350) = 1$

【0072】ステップ3

次に、はんだ層として薄膜構造を使用する場合、膜厚から原子画分への変換を行う必要がある。これを行う場合、含まれる元素の異なる原子密度を斟酌することが重要である。一般的なバルク又は単結晶値に関する付着材料の密度が必要な場合、何らかの補正を行うこともできる。

【0073】この場合、これらの構造中に含まれる全元素は嵩密度に対する付着密度の同様な関係を有し、補正を行う必要はない、と仮定する。この仮定は全ての情況において有効であるとは限らないが、当業者に周知の方法により適当な補正を行うこともできる。

【0074】標準単位としてAuに基づき（すなわち、全てのものはAuに対して比率化させることができる）、複数層内の原子番号を推定するために、原子画分は、原子質量及び嵩密度を用いて厚さに基づかれる。

【0075】

$$M_{Au} = 196.96$$

$$Dn_{Pt} = 21.45$$

$$Dn_{Sn} = 7.28$$

使用されるPtの添合によりこのような変化が起こる。はんだ材料の液体画分を正確に計算するために、白金を錫のための“シンク”であると見做す。従って、沈殿する材料は大雑把に、AuPtSn2の化学組成により示すことができる。

【0082】次いで、残りのはんだの有効錫濃度は、二成分系組成物から、反応した白金に適正な錫の量を除くことにより計算する。この同じ方法を、その他の系、例えば、特に、Pt-Pb-Sn系又はAu-Co-Sn系などについても使用できる。

【0083】全三元素の厚さの関数としての、二成分系液体中の有効錫濃度である関数X_{Sn_ef}は、液体画分関数に対する入力として使用される。

$$【0084】X_{Sn_ef}(Th_{Pt}, Th_{Sn}, Th_{Au}) = \{ N_{Sn}(Th_{Sn}) - 2 \cdot N_{Pt}(Th_{Pt}) \} / \{ N_{Sn}(Th_{Sn}) + Th_{Au} - 3 \cdot N_{Pt}(Th_{Pt}) \} \cdot 100$$

例えば、 $X_{Sn_ef}(0, 400, 700) = 26.345$

$$LF(X_{Sn_ef}(0, 400, 700), 350) = 0.966$$

【0085】従って、初めに400nmのSnと700nmのAuからなる積層構造から得られる材料は、2

6. 3%の有効錫濃度を有し、温度が350°Cにまで上昇すると、有効錫濃度が96.6%の液体となる。

【0086】ステップ5

例えば、この方法を図6に示されたタイプの積層構造に適用できる。これについて、以下説明する。

【0087】1. 一連のはんだ結合の開始時点で、はんだを350°Cの結合温度にまで上昇させる。層42(42a, 42b及び42c)だけが関与する。

$$X_{\text{Sn}} \text{ef} (0, 1200, 900 + 450) = 35.749$$

$$LF (X_{\text{Sn}} \text{ef} (0, 1200, 1350), 350) = 1$$

はんだは完全に液化する(すなわち、LF=1)。

【0088】2. 第2の部品上のAu層40と混合されると、有効錫濃度は変化する。これには、層42と40が関与する。

$$X_{\text{Sn}} \text{ef} (0, 1200, 900 + 450 + 150) = 33.367$$

$$LF (X_{\text{Sn}} \text{ef} (0, 1200, 1500), 350) = 1$$

はんだは完全な液化状態を維持する(すなわち、LF=1)。

【0089】3. Pt制御層46が溶解すると、有効錫濃度は再び変化する。これには、層42、40及び46が関与する。

$$X_{\text{Sn}} \text{ef} (40, 1200, 1500) = 31.249$$

$$LF (X_{\text{Sn}} \text{ef} (40, 1200, 1500), 350) = 1$$

はんだは完全な液化状態を維持する(すなわち、LF=1)。

【0090】4. 制御層が溶融すると、はんだ層と急冷層との間で、完全な混合が急速に起こる。これには、層40~46及び層44が関与する。

$$X_{\text{Sn}} \text{ef} (40, 1200, 1500 + 250) = 14.326$$

$$LF (X_{\text{Sn}} \text{ef} (40, 1200, 4000), 350) = 0$$

【0091】この最後の結果は、全体で1200nmのSnと4000nmのAuを有する層構造内に膜厚40nmのPt制御層を有する構造体は、350°C以上の温度に曝されると、初期溶融を示すが、構造体が十分に混合されると直ぐに、液体分は0になる、すなわち、固化することを示している。

【0092】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、反応速度及び結合方法に関して高度な制御を達成することができ、その結果、元のはんだ組成物の融点以上の温度であっても固体のままでいられる優れた結合が形成される。はんだ材料の酸化も同様に制御される。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明によるはんだ結合の構造を示す模式的断面図である。

【図2】一緒に結合される2つの部品間で図1の構造を適用することからなる、本発明のはんだ結合方法を例証する模式的断面図である。

【図3】接続層と共に酸化バリヤ層を有する、はんだ結合のための別の構造と基板を示す模式的断面図である。

【図4】2つの部品の関数として動的制御原理の使用を伴う本発明の2個部品実施態様を例証する模式的断面図である。

【図5】1つの部品の関数として動的制御原理の使用を伴う本発明の2個部品実施態様を例証する模式的断面図である。

【図6】はんだ系の二成分系相線図に基づいて、特定の層構造の特性を決定するための計算を例証するための、本発明によるはんだ結合の構造を示す模式的断面図である。

【符号の説明】

10 はんだ構造

12 はんだ層

12a 金層

12b 錫層

12c 金層

14 急冷層

16 制御層

18 バリヤ層

20 接着剤層

22 湿潤層

30 第1の部品(基板)

30a シリコン基板

30b SiO₂層

32 第2の部品

40 湿潤層

42 はんだ層

42a 金層

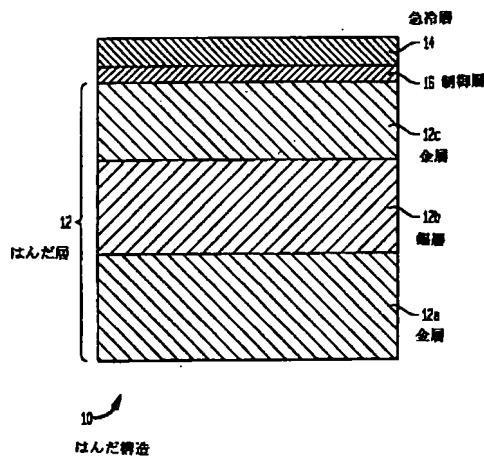
42b 錫層

42c 金層

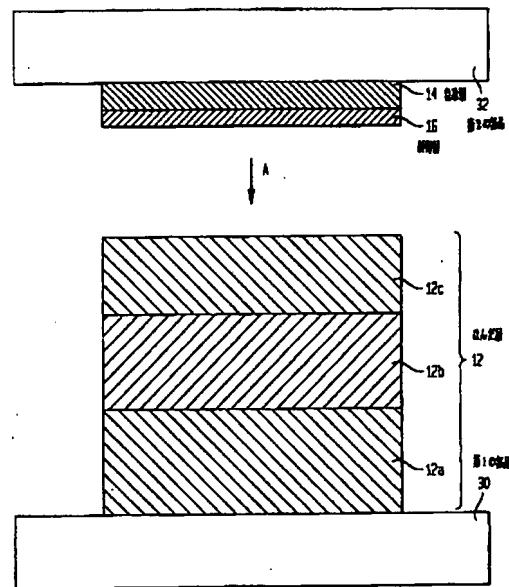
44 急冷層

46 制御層

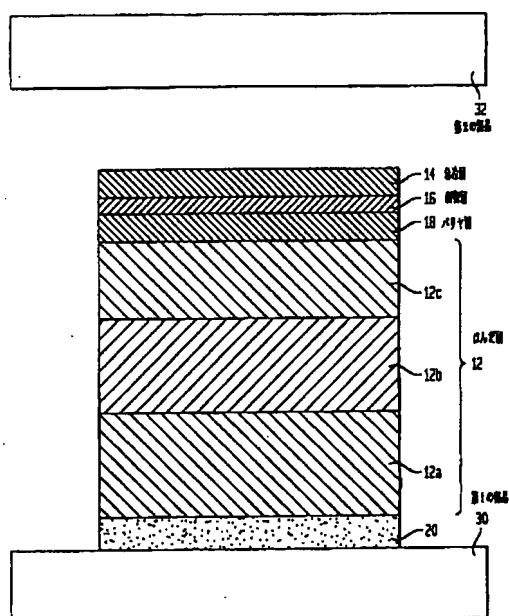
【図1】



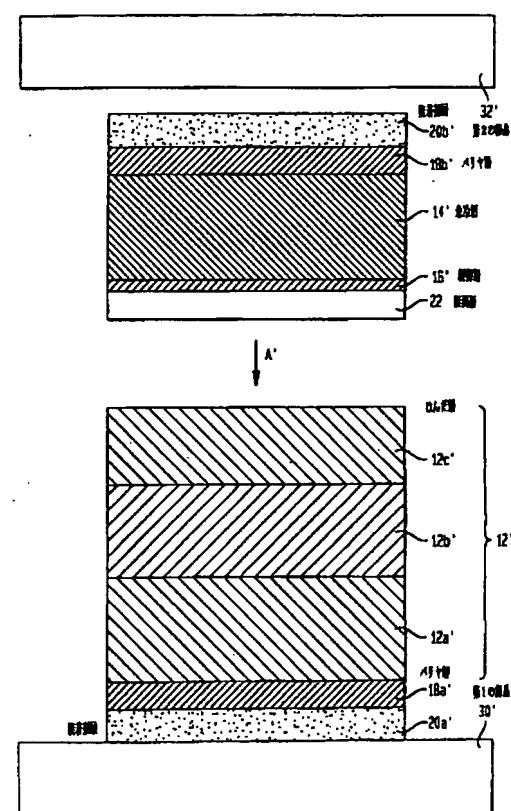
【図2】



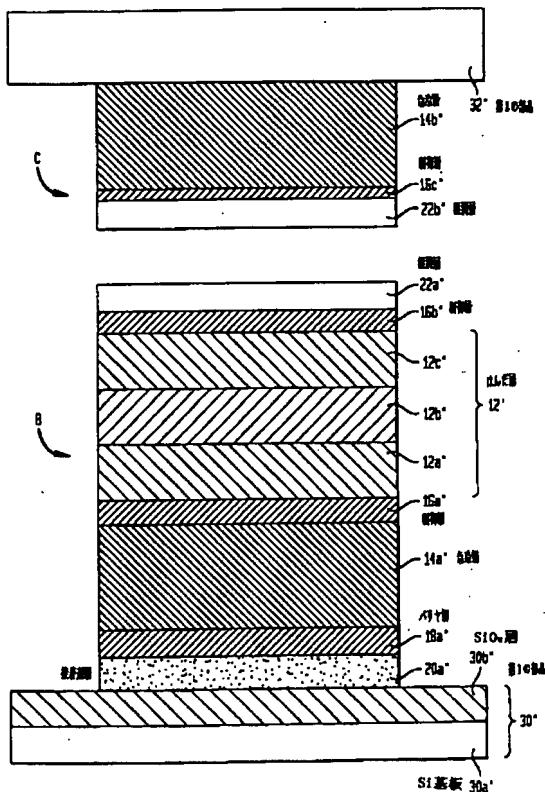
【図3】



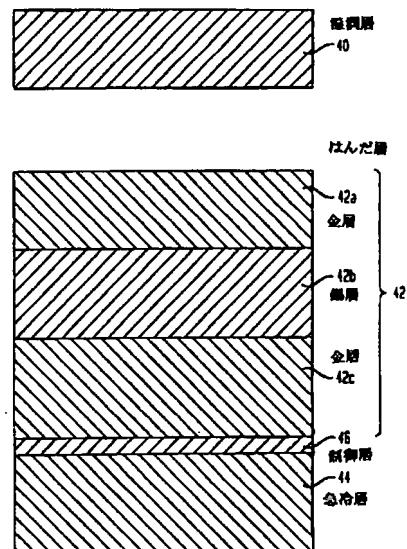
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(71)出願人 596077259

600 Mountain Avenue,
Murray Hill, New Jersey 07974-0636 U. S. A.

(72)発明者 ガストフ エドワード ダーキット ジュニア
アメリカ合衆国, ニュージャージー, ユニオン, ニューブロヴィデンス, ホルムズ
オーヴァル 55

(72)発明者 ジョン ウィリアム オーセンバッチ

アメリカ合衆国, ペンシルヴァニア, バーチス, カッツタウン, ウォルナット ドライブ 17

(72)発明者 イウーマン ウォン
アメリカ合衆国, ペンシルヴァニア, レハイ, ウェスコスヴィル, マラナサ ウェイ 5001